

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-202426

(43)Date of publication of application : 19.07.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/13

(21)Application number : 2000-400397

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

(22)Date of filing : 28.12.2000

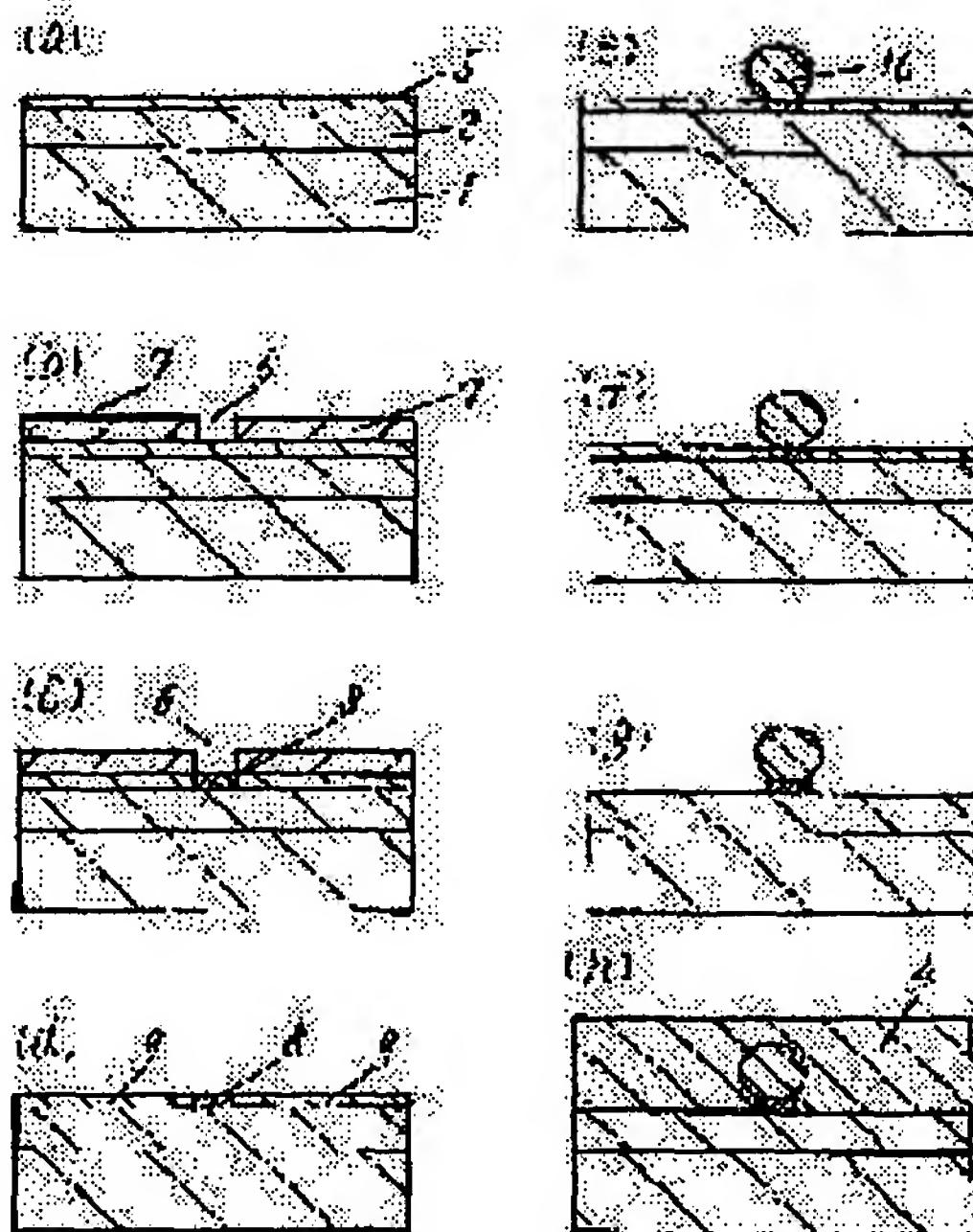
(72)Inventor : KISHIMOTO YOSHIO  
MITSUTA MASAHIRO

## (54) METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL WAVEGUIDE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for manufacturing a planar type optical waveguide provided with an organic polymer type optical waveguide with a clean and smooth circular formed cross section.

**SOLUTION:** A reactive oily prepolymer 10 is applied on a substrate 1 provided with an oil repellent region and an optical waveguide pattern constituting an oleophilic region. Thereby the reactive oily prepolymer is applied only on the optical waveguide pattern and the optical waveguide with the circular formed cross section is formed in a self-aligning way by surface tension of the reactive oily prepolymer 10. Subsequently the optical waveguide with the clean and smooth circular formed cross section is obtained by hardening the reactive prepolymer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The manufacture method of the optical waveguide which forms the optical-waveguide pattern on the front face of lipophilic property, applies the aforementioned reactant oil-like prepolymer on the aforementioned substrate, forms the pattern of the aforementioned reactant oil-like prepolymer of a circular cross-section configuration, is subsequently made to carry out a hardening reaction and forms the macromolecule optical waveguide of a circular cross-section configuration on the substrate which has an oil-repellent front face to the reactant oil-like prepolymer which forms an optical waveguide.

[Claim 2] The manufacture method of the optical waveguide according to claim 1 which dopes a low refractive-indexed molecule from the circumference of the aforementioned macromolecule optical waveguide, and comes to form a gray TEDDO type optical waveguide.

[Claim 3] The manufacture method of the optical waveguide according to claim 1 which carries out embedding by the clad resin further on the aforementioned core by using as a core the macromolecule optical waveguide which carried out the hardening reaction, and which the aforementioned substrate was a clad resin layer, and was formed, and comes to form a step type planar optical waveguide.

[Claim 4] The manufacture method of an optical waveguide according to claim 1 that etching comes to form the aforementioned optical-waveguide pattern a cross section in the shape of concave radii.

[Claim 5] The manufacture method of an optical waveguide according to claim 1 that the aforementioned reactant oil-like prepolymer consists of a macromolecule constituent containing one chosen from either a vinyl system organic molecule, siloxane skeleton polymer and the condensation polymerization system organic molecule, and an oil-repellent front face consists of a hydrophilic front face or a fluoride organic molecule front face.

[Claim 6] The manufacture method of an optical waveguide according to claim 1 of the oil-repellent front face on the aforementioned substrate being formed of a middle coat, and coming to remove the aforementioned middle coat after macromolecule optical-waveguide formation.

[Claim 7] The manufacture method of an optical waveguide according to claim 6 that the aforementioned middle coat consists of a water-soluble-polymer film.

[Claim 8] The manufacture method of an optical waveguide according to claim 1 of a middle coat being formed on the aforementioned clad resin layer, and coming to remove the aforementioned middle coat the aforementioned middle coat after macromolecule optical-waveguide formation.

[Claim 9] The manufacture method of an optical waveguide according to claim 1 that the end face of the aforementioned macromolecule optical waveguide comes to make the convex spherical surface with the surface tension of the aforementioned reactant oil-like prepolymer.

[Claim 10] The manufacture method of the optical waveguide which forms the optical-waveguide pattern of a lipophilic property field to the aforementioned reactant oil-like prepolymer on the substrate which has an oil-repellent field to a reactant oil-like prepolymer, applies a reactant oil-like prepolymer on the aforementioned substrate, forms the aforementioned reactant oil-like prepolymer on the aforementioned optical-waveguide pattern, and hardens the aforementioned reactant oil-like prepolymer on the aforementioned optical-waveguide pattern.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the manufacture method of the optical waveguide used for optical communication, optical information processing, etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, optical devices, such as semiconductor laser used for optical communication, optical information processing, etc., a photo detector, or an optical switch, transmit and receive signal light by generally combining I/O of light with an optical fiber, and various optical modules, such as an optical fiber module which incorporated the optical fiber in the module, were made.

[0003] On the other hand, apart from the above-mentioned optical fiber module, the planar form light wave circuit (PLC; Planer Light-wave Circuit) module which accumulated the flat-surface optical waveguide containing an optical waveguide and optoelectronic devices, such as semiconductor laser and a photo detector, on the same substrate is proposed. Automation of an assembly is possible for this PLC module, and its expectation is great as one of the compact optical modules which constitute an optical-waveguide integrated circuit device.

[0004] The PLC module is mainly conventionally developed as an optical switch and an optical branching coupler, and an optical waveguide has the thing of the organic system which carried out the thing and the organic polymeric materials of the quartz system which used the quartz as the base at the base. Especially, although the optical waveguide of an organic macromolecule system has a technical problem in thermal resistance or a performance, since it can perform formation of a transparent membrane easily, fields, such as cost and the number of manufacturing processes, to its expectation is high.

[0005] The PLC module of the conventional organic macromolecule system is shown in drawing 6 (a) and (b).

[0006] As shown in drawing 6 (a), as for the conventional PLC module, the top clad layer 400 was formed so that a cross section might embed the core layer 300 further on a substrate 100 by forming the bottom clad layer 200 which has a rectangle-like slot, and embedding the core layer 300 which becomes the slot from organic polymeric materials.

[0007] Or as shown in drawing 6 (b), the bottom clad layer 201 was formed on the substrate 101, the core layer 301 which a cross section becomes from organic rectangle-like polymeric materials was formed on the bottom clad layer 201, and as for the conventional PLC module, the top clad layer 401 was formed so that the core layer 301 might be embedded.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when the cross-section configuration of the core layers 300 and 301 which serve as an optical waveguide like before was a rectangular PLC module, the optical path length of the light which guides waves while reflecting an optical waveguide may have become longer than required. Furthermore, the transmission loss of light and disorder were produced on the boundary line of a rectangle-like side and a field.

[0009] In the conventional PLC module, the cross-section configuration of the core layers 300 and 301 had become rectangle-like for forming the slot of the bottom clad layer 200 by etching, and it was because core layer 301 itself is formed of etching in drawing 6 (b) similarly in drawing 6 (a).

[0010] Since especially the slot of the bottom clad layer 200 or the core layer 301 that consists of polymeric materials in drawing 6 (a) and (b) was formed of the oxidization degradation etching reaction of the quality of organic, it has not formed a beautiful and smooth core-clad interface.

[0011] The way the cross section of an optical waveguide forms a circularly near optical waveguide is indicated by forming high refractive-index transparence liquefied material only in the portion which printed the surfactant in the shape of a stripe on the substrate, and on the other hand, hardening the high refractive-index transparence liquefied material into it (JP,3-15805,A).



[0012] Or the way the cross section of an optical waveguide forms the optical waveguide of a semicircle is indicated by contacting a polymerization nature monomer steam and carrying out polymerization solidification on each substrate irradiated, respectively, by the electron ray and ultraviolet rays, (JP,2000-105319,A).

[0013] However, these methods do not aim at making the cross section of an optical waveguide circular, and the effect of an optical waveguide depended circularly is very small.

[0014] this invention aims at offering the manufacture method of the optical waveguide which has the optical waveguide of the organic macromolecule system which has a beautiful and smooth circular cross section, in order to solve the above-mentioned technical problem.

[0015]

[Means for Solving the Problem] The manufacture method of the optical waveguide concerning this invention forms the optical-waveguide pattern of a lipophilic property field to the aforementioned reactant oil-like prepolymer on the substrate which has an oil-repellent field to a reactant oil-like prepolymer, applies a reactant oil-like prepolymer on the aforementioned substrate, forms the aforementioned reactant oil-like prepolymer on the aforementioned optical-waveguide pattern, and hardens the aforementioned reactant oil-like prepolymer on the aforementioned optical-waveguide pattern.

[0016] According to the manufacture method of the optical waveguide concerning this invention, by forming the optical-waveguide pattern of a lipophilic property field on the substrate which has an oil-repellent field to a reactant oil-like prepolymer, and applying a reactant oil-like prepolymer to the optical-waveguide pattern which is a lipophilic property field, a reactant oil-like prepolymer is applied only to a lipophilic property field, and the reactant oil-like prepolymer becomes a self-adjustment target with a circular cross section with the surface tension. Subsequently, the macromolecule optical waveguide of a beautiful circular cross section can be obtained by hardening a reactant oil-like prepolymer.

[0017] In order to use this invention and patterning by the surface characteristic of the big contrast of oil repellency and lipophilic property, the adhesion force of the reactant oil-like prepolymer adhering to an optical-waveguide pattern is large, and the optical waveguide of a beautiful circular cross section is obtained.

[0018]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the operation gestalt in the manufacture method of the optical waveguide of this invention is explained, referring to a drawing.

[0019] (1st operation gestalt) It explains, referring to drawing 1 hereafter about the manufacture method of the planar type optical waveguide concerning the 1st operation gestalt. In addition, drawing 1 is the process cross section showing the manufacture method of the optical waveguide circuit concerning the 1st operation gestalt.

[0020] As shown in drawing 1 (a), the bottom clad layer 2 which consists of poly fluoride methyl methacrylate of high fluorine concentration is formed by 10-micrometer thickness on the substrates 1, such as an alumina. And the middle coat 5 which a front face becomes from oil-repellent (oil-repellent field) polyvinyl alcohol is formed on the bottom clad layer 2.

[0021] Here, "oil repellency" means the property to have oil repellency to the reactant oil-like prepolymer which is the macromolecule precursor constituent which carries out a hardening reaction with light, an electron ray, or heat, and "lipophilic property" means conversely the property to have lipophilic property to the reactant oil-like prepolymer. Hereafter, these are only called "oil repellency" and "lipophilic property."

[0022] Next, as shown in drawing 1 (b), the photoresist 7 which has the opening 6 of the shape of a stripe with a width of face of 10 micrometers is formed on the bottom clad layer 2.

[0023] Next, as shown in drawing 1 (d), the usual etching etc. removes a photoresist 7. Thereby, the middle coat 5 which has the stripe-like the optical-waveguide pattern 8 and the oil-repellent field 9 on the front face of lipophilic property (lipophilic property field) can be formed on the bottom clad layer 2. In addition, the field which has the field of oil repellency and lipophilic property can also form a lipophilic property field in the front face of the bottom clad layer which has an oil-repellent field even if it does not use the middle coat 5 easily by adding a water-soluble ionicity activator.

[0024] Here, in the 1st operation gestalt, although the configuration of the optical-waveguide pattern 8 was made into the shape of a stripe, the example of the configuration of the other optical-waveguide patterns 8 is shown in drawing 2. In symmetrical dichotomy and drawing 2 (b), unsymmetrical dichotomy and drawing 2 (c) show symmetrical trifurcation, and drawing 2 (d) shows [ drawing 2 (a) ] the optical-waveguide pattern of Y branching configuration of the optical waveguide of 1x4 branching. In addition, according to the formation method of the above-mentioned optical-waveguide pattern, the optical-waveguide pattern of various optical branching configurations can be easily formed by etching loess besides these. Therefore, formation of a precise optical waveguide like an array waveguide skeleton-pattern splitter etc. is possible.

[0025] Next, if the poly fluoride methyl methacrylate prepolymer is sprinkled in the shape of a fog and applied as a reactant oil-like prepolymer on the substrate which has the field of lipophilic property, and an oil-repellent field as shown in drawing 1 (e), the poly fluoride methyl methacrylate prepolymer will be applied by the property only on the lipophilic property field which is the optical-waveguide pattern 8, and will form the prepolymer pattern 10. While the poly fluoride methyl methacrylate prepolymer forms a circular cross-section configuration in a self-adjustment target with surface tension at this time, the prepolymer pattern 10 with a smooth front face is formed. Since the prepolymer pattern 10 serves as a diameter of a narrow according to the width of face of the optical-waveguide pattern 8, surface tension acts very greatly and a cross section becomes a beautiful round shape. Here, as for a circular cross-section configuration, a cross section says a circle, an ellipse, or the configuration near them.

[0026] Next, as shown in drawing 1 (f), the core layer 3 used as an optical waveguide is formed by performing the hardening reaction which irradiates the prepolymer pattern 10 by ultraviolet rays etc., and hardens it. In addition, there are the addition polymerization represented by vinyl polymerization, condensation polymerization represented by a polyimide and polyester, heat crosslinking reaction represented by peroxide bridge formation, 2 liquid mixture crosslinking reaction represented by epoxy, urethane, a moisture hardening reaction of cyanoacrylate which are started at a reaction with the moisture in air, etc. as hardening reaction.

[0027] Next, as shown in drawing 1 (g), etching etc. removes the middle coat 5. This forms the core layer 3 of a circular cross-section configuration on the bottom clad layer 2. Since the polyvinyl alcohol which is the middle coat 5 is a water-soluble poly membrane, it is easily removable withwater.

[0028] Next, as shown in drawing 1 (h), the top clad layer 4 is formed by forming the poly fluoride methyl methacrylate of high fluorine concentration, and hardening by ultraviolet rays etc. so that the core layer 3 may be embedded. In addition, in the case where a step type planar optical waveguide is constituted, since it is the structure where carbon fluoride structure lowers a refractive index, as a material of the top clad layer 4 or the bottom clad layer 2, fluorine system polymer is suitable.

[0029] As mentioned above, although the manufacture method of the planar optical waveguide of the 1st operation form was explained With the reactant oil-like prepolymer which forms the core layer 3 of an optical waveguide For example, the ultraviolet-rays hardenability vinyl system resin which makes basic structure denaturation PMMA which introduced the polymethylmethacrylate (PMMA) and the alicycle machine, Various photosensitive polysiloxane derivatives, a denaturation fluorine-ized polysiloxane, a photosensitive fluorine-ized polyimide, Oil-like macromolecule precursors (varnish), such as a photosensitive epoxy resin, denaturation polyester resin, a denaturation polycarbonate, a urea resin, melamine resin, a urethane resin, denaturation triazine resins, and these copolymers, or the solution of those is said. In addition, the hardening reaction of the case of a solution is carried out after application dryness. The optical waveguide of the macromolecule of a circular cross-section configuration can be suitably formed by these material selections.

[0030] Furthermore, macromolecule constituents, such as the above-mentioned vinyl system organic molecule, siloxane skeleton polymer, and a condensation polymerization system organic molecule, need the high thing of transparency, and consist of following concrete material.

[0031] As a vinyl system organic molecule, there is a copolymer with other others and vinyls compound which are polymethylmethacrylate (PMMA), fluoridation PMMA, Deuteration PMMA, bridge formation PMMA, the alicycle machine introduction denaturation PMMA, polyethyl methacrylate, etc.

[0032] As siloxane skeleton polymer, there are many denaturation polysiloxanes and there are a photosensitive polysiloxane derivative, a denaturation fluoridation polysiloxane, etc. Moreover, siloxane skeleton polymer is easily denaturalized with epoxy, urethane, an acrylic, polyester, etc., and can give various properties.

[0033] As a condensation polymerization system organic molecule, there is various denaturation polymer which denaturalized condensation macromolecules, such as a fluoridation polyimide, thermosetting polyester, and a polycarbonate, as a skeleton, and there are other copolymers many which are a photosensitive fluoridation polyimide, epoxy denaturation polyester resin, an acrylic denaturation polycarbonate, etc., and a derivative.

[0034] Moreover, since this invention forms the prepolymer pattern of a circular cross-section configuration by the reactant oil-like prepolymer, it is stiffened and it solidifies, a reactant oil-like prepolymer has that desirable which the circular cross-section configuration of a reactant oil-like prepolymer solidifies according to a hardening reaction process, without changing a lot. It is more desirable for this point to a reactant oil-like prepolymer to be a liquid which contains [ rather than ] reactant solvents, such as a monomer, a dimer, and oligomer, including a common solvent (non-reactivity solvent).

[0035] Moreover, in the 1st operation gestalt, with the front face of "oil repellency" and "lipophilic property", although the thin film surface characteristic of a reactant oil-like prepolymer own [ in a varnish or the above-mentioned solution ] is used in many cases as mentioned above, a surfactant, a coupler, a transparency regulator, etc. may be



mixed into the liquid, membranes may be formed, and the surface characteristic of the aforementioned additive which deposited on the front face may be used. Many methods, such as the method of carrying out surface treatment of the technique of controlling a thin film surface characteristic with an additive by reactant gas plasma, such as water, oxygen, and carbon tetrafluoride, it introducing OH basis and a fluorine, and carrying out a surface treatment, are learned.

[0036] Theoretically, an "oil-repellent" front face is formed of the front face where the molecule site (functional group) of not dissolving in a reactant oil-like prepolymer deposited, and the front face of "lipophilic property" is formed of the front face where the good molecule site of compatibility deposited in the reactant oil-like prepolymer. This effect is high especially when the solubility parameters between the surface deposit machines which form each [ these ] front face differ greatly.

[0037] Moreover, as a way the circumference develops a reactant oil-like prepolymer and forms the optical-waveguide pattern of a reactant oil-like prepolymer on the substrate which has the optical-waveguide pattern of lipophilic property by oil repellency, although the reactant oil-like prepolymer was applied in the shape of a fog with the 1st operation gestalt How to carry out (1) casting at others and make it adhere to a lipophilic property portion, (2) How for it to be immersed and to make the optical-waveguide pattern portion of a lipophilic property field adsorb a substrate into the liquid in which the oil-level expansion film of a reactant oil-like prepolymer was formed, (3) Various kinds of methods, such as a method of making the evaporation gas or spray droplets (Myst) of the adhering method by the Langmuir BUROJETTO method and a (4) reactivity oil-like prepolymer adsorbing from a gaseous phase, can be used.

[0038] Moreover, although the path of the circular cross-section configuration of an optical waveguide is made in [ latus ] several micrometers - 500 micrometers in many cases, and a comparatively thick path is used in many cases when it is a gray TEDDO type, in a step type case, generally, the path is a narrow thing very much with 60 micrometers or less. Since the one where the path of an optical waveguide is smaller acts greatly and a cross section approaches more nearly circularly, as for surface tension, it is [ this invention ] desirable like a step type optical waveguide to use for the method of forming especially the optical waveguide of the diameter of a narrow.

[0039] Again (Modification of the 1st operation gestalt) As a modification of the 1st operation gestalt The substrate 1 which has the core layer 3 which was made to carry out a hardening reaction and formed the prepolymer pattern 10 It is immersed into the solution of a TORIFUTSU-ized methyl methacrylate dimer with the high fluorine concentration which is a low refractive-index-ized molecule, and fixed time doping of the TORIFUTSU-ized methyl methacrylate dimer is carried out at the core layer 3. The outside of the circular cross section of the core layer 3 is made to carry out the maldistribution distribution of the TORIFUTSU-ized methyl methacrylate dimer so that it may become high concentration.

[0040] Thereby, a gray TEDDO type optical waveguide can be obtained. Furthermore, a highly efficient gray TEDDO type optical waveguide with small aging can be obtained by carrying out ultraviolet-rays bridge formation of the core layer 3 which doped the low refractive-index-ized molecule.

[0041] In addition, the organic molecule of the molecular structure which replaced the polymeric materials in which the core layer 3 was formed, and low-molecular [ affiliated ], by 3 fluoridation or methyl group fluoride as a low refractive-index-ized molecule to dope is suitable. Generally, since molecule condensation structure was made amorphous and it was made the structure which raises transparency and does not have a birefringence, the rate of absorption of optical plastics of a dopant was quick, and since it doped easily, the method immersed into a dopant solution as mentioned above was used for it as the method of doping.

[0042] Or if the molecule which has the alkyl group and the alkoxy group which have the plasticization effect, an ester machine, or a carbonate machine as a low refractive-index-ized molecule is chosen, the doped low refractive-index-ized molecule works also like a plasticizer, the brittleness (crack initiation) of the macromolecule optical waveguide of a circular cross-section configuration is improved, and there is a merit that the optical waveguide which is more excellent in transparency, membrane-formation nature, and homogeneity can be formed.

[0043] the behavior by which the low refractive-index-ized molecule which has the above-mentioned plasticization effect is fixed by the chemical bond means that "internal plasticization" of the macromolecule constituent by which external plasticization was carried out is carried out by the fixed reaction, and carries out the work which serves as a soft segment in a macromolecule layer, and gives a suitable mechanical characteristic and a suitable optical property

[0044] Next, the edge of the optical waveguide formed by the manufacture method in the 1st operation form is explained using drawing 3 . In addition, it is the cross section with which drawing 3 (a) met the plan of an optical waveguide, and drawing 3 (b) met the A-A line of drawing 3 (a).

[0045] Since the core layer 3 used as the optical waveguide of this invention forms using the surface tension of a reactant oil-like prepolymer, as shown in drawing 3 , the end face forms [ convex spherical-surface-like end-face 3a

which is the convex spherical surface ] in a self-adjustment target.

[0046] When this emits the light which has guided the core layer 3 to the convex spherical-surface-like end-face 3a shell exterior, the light will condense.

[0047] Therefore, when carrying out incidence to the planar optical waveguide of another side from one planar optical waveguide by approaching and arranging two planar optical waveguides since light is condensed by convex spherical-surface-like end-face 3a as shown in drawing 3 , few connection of optical loss is attained. Moreover, since light does not spread by convex spherical-surface-like end-face 3a when connecting with semiconductor laser or an optical fiber, there is a merit that there are few connection losses.

[0048] Moreover, signs that the planar optical waveguide and photo detector which were manufactured according to the 1st operation form were combined are shown in drawing 4 .

[0049] As shown in drawing 4 , the planar optical waveguide which has convex lens-like convex spherical-surface-like end-face 3a, and the photo detector 11 were combined with the edge of the core layer 3 with the optical adhesives 12 of optical hardening which has a refractive index with a refractive index lower than the material of the core layer 3, and the light-receiving module was constituted.

[0050] In case the light which has guided the core layer 3 receives light from convex spherical-surface-like end-face 3a to a photo detector 11 by this, it is spread and condensed and the light is received by the photo detector 11. Therefore, the few light-receiving module of optical loss is realizable.

[0051] (2nd operation form) It explains, referring to drawing 5 hereafter about the manufacture method of the planar type optical waveguide concerning the 2nd operation form. In addition, drawing 5 is the process cross section showing the manufacture method of the optical waveguide concerning the 2nd operation form.

[0052] As shown in drawing 5 (a), the bottom clad layer 2 which consists of poly fluoride methyl methacrylate of high fluorine concentration is formed by 10-micrometer thickness on the substrates 1, such as an alumina, and the middle coat 5 which a front face becomes from oil-repellent polyvinyl alcohol is formed on the bottom clad layer 2.

[0053] Next, crosslinking reaction is carried out irradiating an electron ray and digging the bottom clad layer 2 with the middle coat 5, as shown in drawing 5 (b), and the optical-waveguide pattern 13 of the shape of concave radii whose opening of a cross section is 10 micrometers is formed. At this time, the concave front face of the optical-waveguide pattern 13 serves as lipophilic property.

[0054] Next, if the poly fluoride methyl methacrylate prepolymer is sprinkled in the shape of a fog and applied as a reactant oil-like prepolymer on the substrate 1 which has the lipophilic property front face (lipophilic property field) and oil-repellent front face (oil-repellent field) as shown in drawing 5 (c), the poly fluoride methyl methacrylate prepolymer will be applied by the property only on the optical-waveguide pattern 13 which is the field of lipophilic property, and will form the prepolymer pattern 14.

[0055] Next, as shown in drawing 5 (d), the core layer 3 used as an optical waveguide is formed by carrying out the hardening reaction which irradiates the prepolymer pattern 14 by ultraviolet rays etc., and hardens it. In addition, there are the addition polymerization represented by vinyl polymerization, condensation polymerization represented by a polyimide and polyester, heat crosslinking reaction represented by peroxide bridge formation, 2 liquid mixture crosslinking reaction represented by epoxy, urethane, a moisture hardening reaction of cyanoacrylate which are started at a reaction with the moisture in air, etc. as hardening reaction.

[0056] Next, etching removes the middle coat 5. This forms the core layer 3 of a circular cross-section configuration on the bottom clad layer 2. Since the polyvinyl alcohol of the middle coat 5 is a water-soluble poly membrane, it is easily removable withwater.

[0057] Next, as shown in drawing 5 (e), the top clad layer 4 is formed by forming the poly fluoride methyl methacrylate of high fluorine concentration, and hardening by ultraviolet rays etc. so that the core layer 3 may be embedded.

[0058] In the 2nd operation form, the cross section of an optical waveguide becomes a thing near a part of perfect circle further by forming the optical-waveguide pattern of lipophilic property in the shape of concave radii. And since the diameter of an optical waveguide is influenced by the circular, circular size, it can form the optical waveguide of a desired diameter easily.

[0059] in addition, everything but the direct method according to an electron beam lithography like the 2nd operation form in the circular, circular optical-waveguide pattern 13 -- a phot -- it can also form by the lithography method, the ink-jet method, etc. Moreover, when circular, circular size is large, it can form also by embossing (press). If a lipophilic nature child is given to a front face or a surface molecule is changed into a lipophilic group in order to make a front face into lipophilic property at this time, it will be obtained easily. For example, there is the method of carrying out surface treatment, and introducing and carrying out the surface treatment of OH basis or the fluorine by reactant gas plasma, such as water, oxygen, or carbon tetrafluoride.



[0060] moreover, a phot -- when applying a photoresist like the lithography method, in consideration of the property of the front face of the bottom clad layer 2, it is necessary to use the photoresist solution which had compatibility in the front face of the bottom clad layer 2 and which is easy to apply The surface characteristic of this photoresist solution is easily controllable by the surfactant.

[0061]

[Effect of the Invention] this invention forms the optical waveguide of a circular cross-section configuration in a self-adjustment target with the surface tension of the reactant oil-like prepolymer by forming an oil-repellent field and a lipophilic property field to a reactant oil-like prepolymer on a substrate, and being applied to a reactant oil-like prepolymer to a lipophilic property field. Thereby, the optical waveguide of a beautiful and smooth circular cross section can be obtained. Therefore, since the cross section of an optical waveguide is circular, the cross section in the former can make transmission loss of light, and disorder small infinite compared with a rectangle-like optical waveguide.

[0062] Moreover, in an oil-repellent field, since a reactant oil-like prepolymer does not adhere at all, patterning with a high SN ratio without dirt becomes possible. These outstanding attachment characteristics are because the difference in the very big surface activity of the solubility parameter between the fluorine system material used for this invention, silicon resin material, general organic system material, and lipophilic property material is used.

[0063] Moreover, according to this invention, there is an advantageous effect that a highly efficient optical waveguide is obtained in an easy process, without repeating etching and phot lithography repeatedly.

---

[Translation done.]

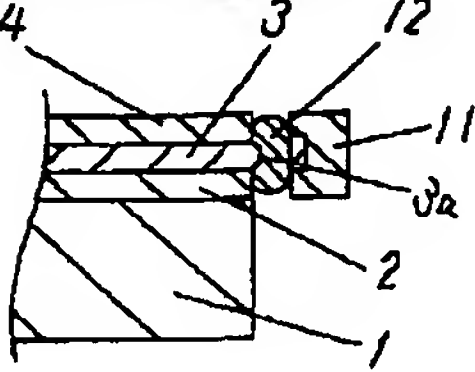
\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

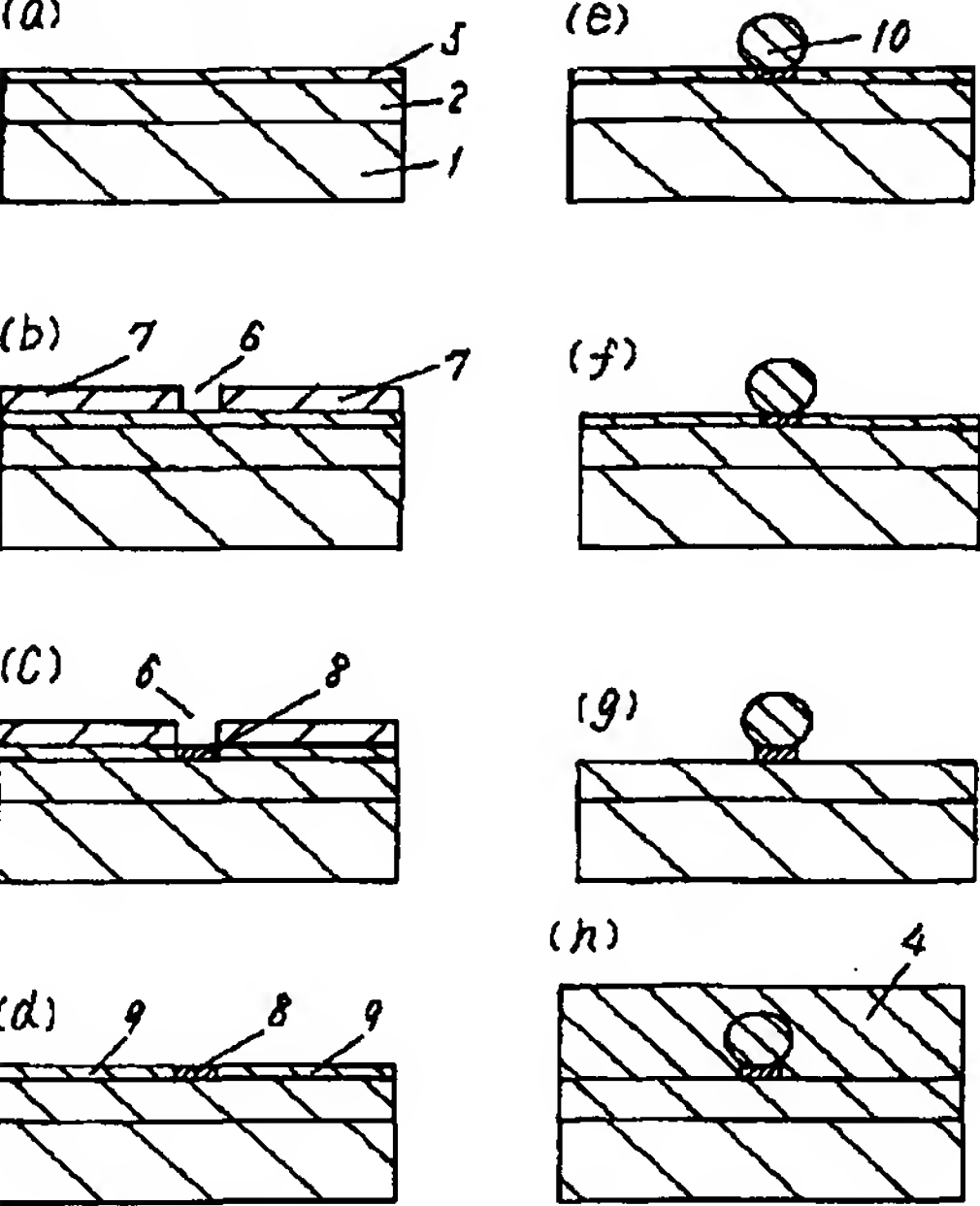
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

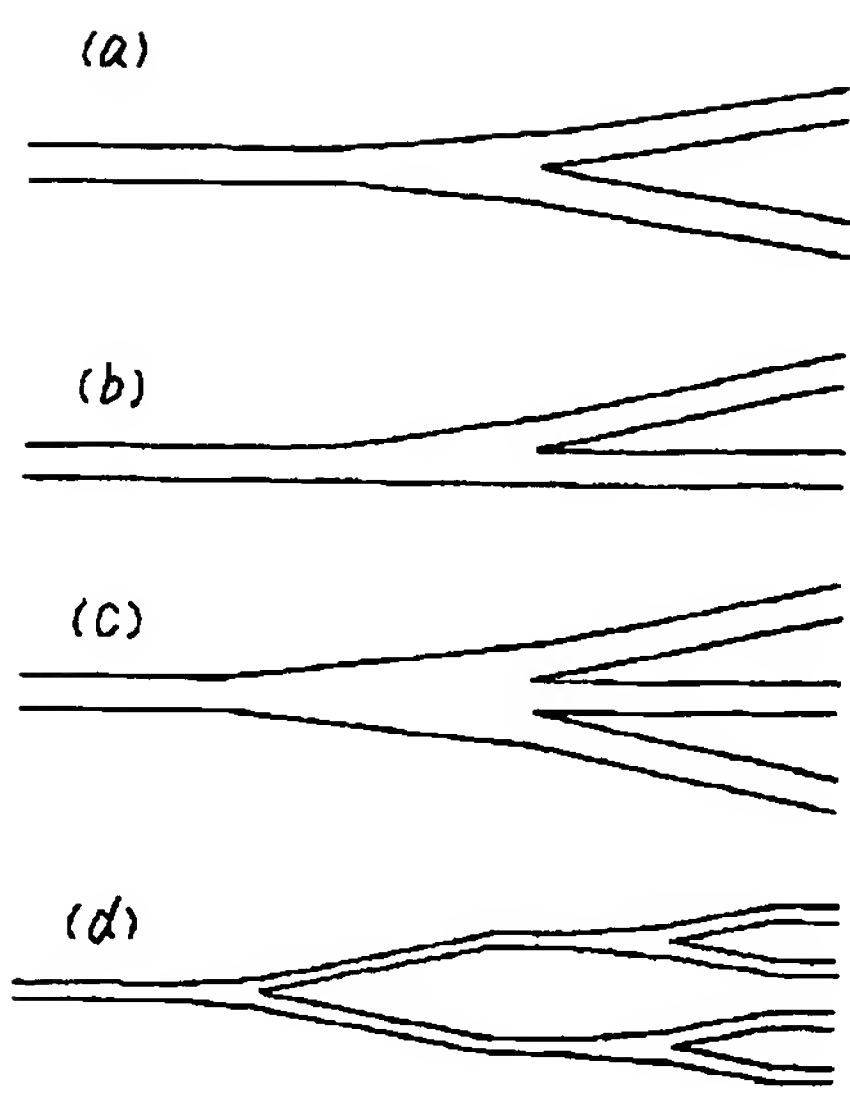
[Drawing 4]



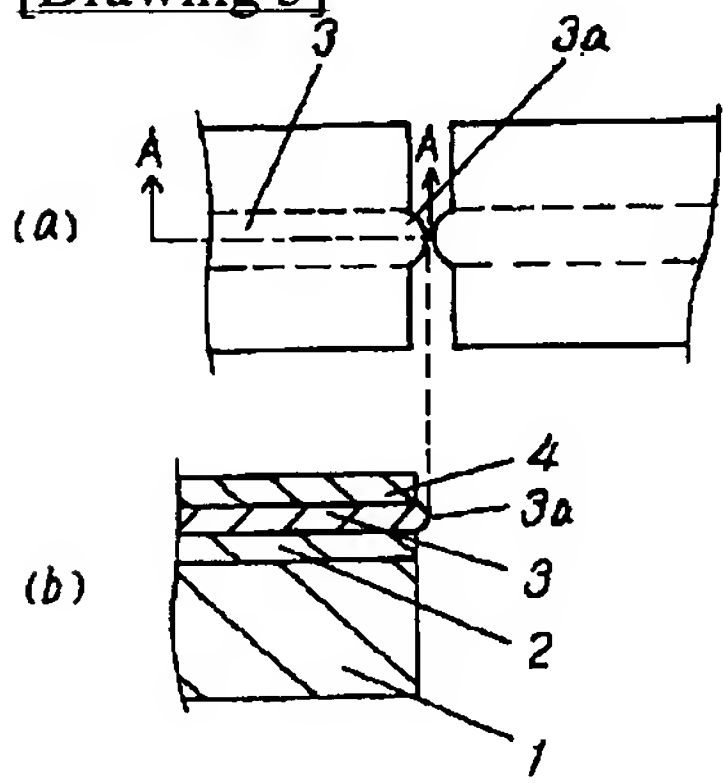
[Drawing 1]



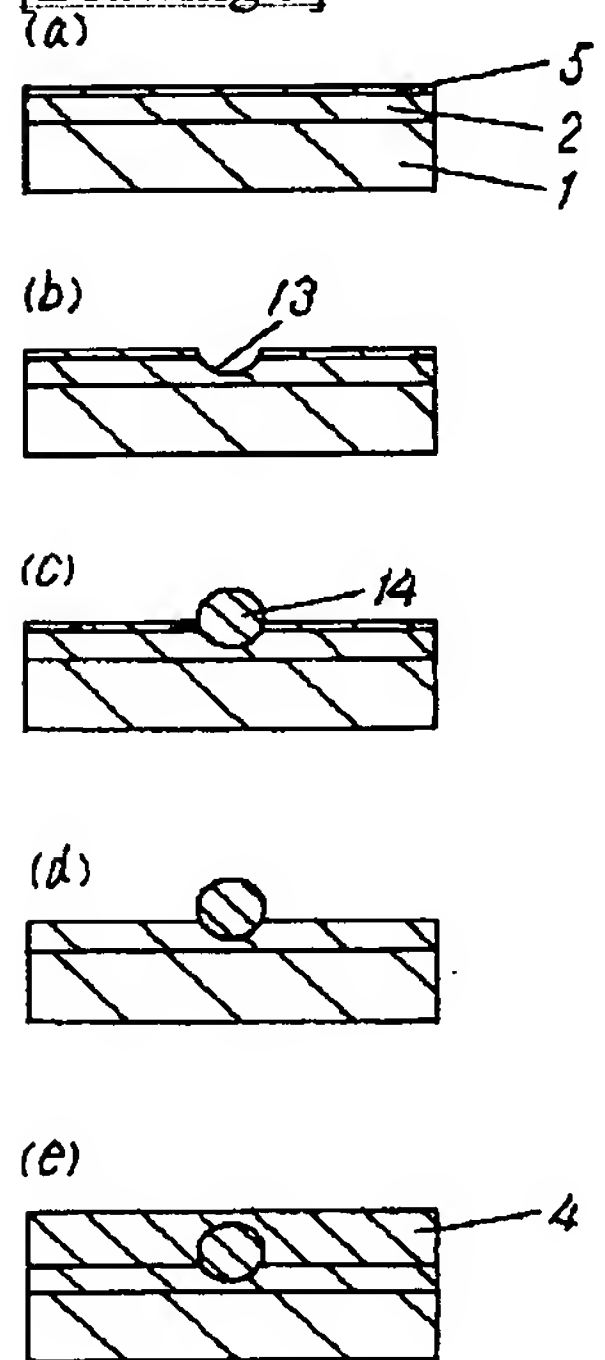
[Drawing 2]



[Drawing 3]

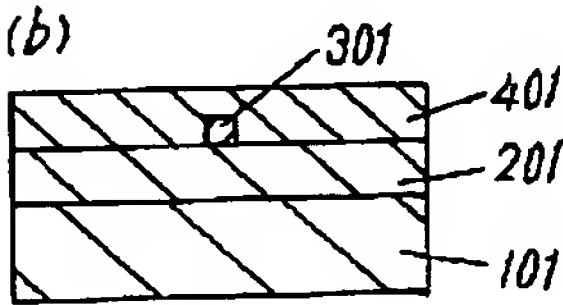
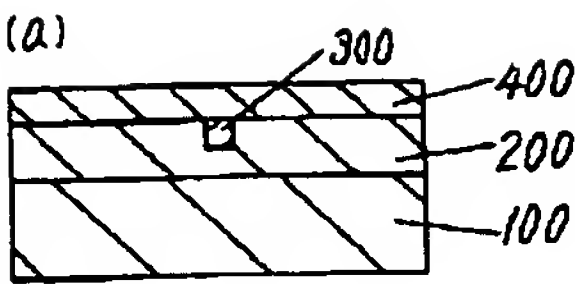


[Drawing 5]



[Drawing 6]





[Translation done.]

(51)IntCl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 6/13

識別記号

F I  
G 0 2 B 6/12

テームト\* (参考)  
M 2 H 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 7 頁)

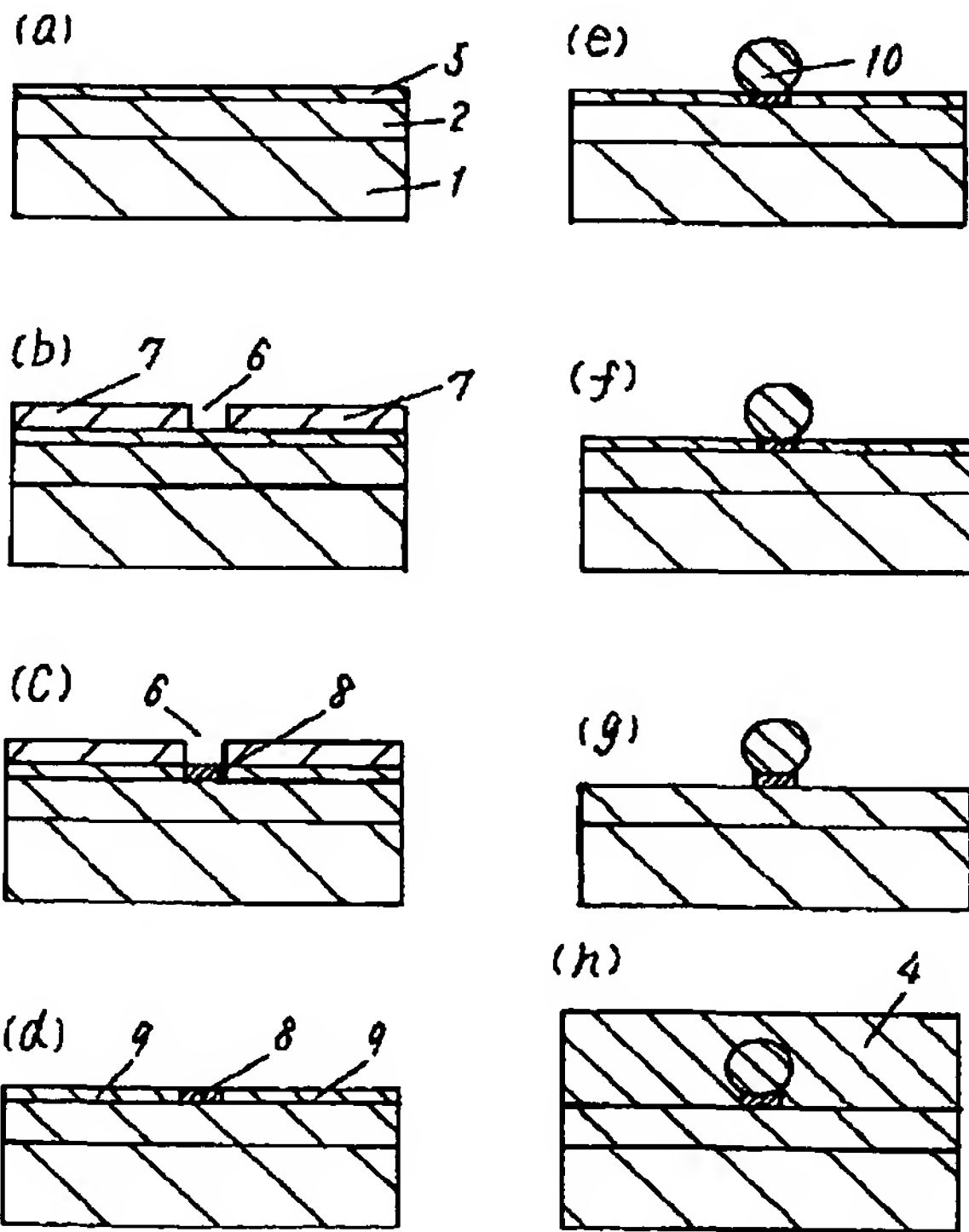
(21)出願番号	特願2000-400397(P2000-400397)	(71)出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22)出願日	平成12年12月28日(2000.12.28)	(72)発明者	岸本 良雄 大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内
		(72)発明者	光田 昌弘 大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内
		(74)代理人	100097445 弁理士 岩橋 文雄 (外2名)
		Fターム(参考)	2H047 KA04 KA15 PA02 PA17 PA22 PA24 PA28 QA05 QA07 TA31

(54)【発明の名称】 光導波路の製造方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 きれいで滑らかな円形の断面を有する有機高分子系の光導波路を有するプレーナー型の光導波路の製造方法を提供する。

【解決手段】 撥油性領域と親油性領域である光導波路パターンとを有する基板1上に反応性油液状プレポリマー10を塗布することにより、反応性油液状プレポリマーが光導波路パターンのみに塗布されて、反応性油液状プレポリマー10の表面張力により自己整合的に円形断面形状の光導波路を形成する。その後、反応性プレポリマーを硬化することにより、きれいで滑らかな円形断面の光導波路を得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光導波路を形成する反応性油液状プレポリマーに対し撥油性表面を有する基板上に、親油性表面の光導波路パターンを形成し、前記反応性油液状プレポリマーを前記基板上に塗布し、円形断面形状の前記反応性油液状プレポリマーのパターンを形成し、次いで硬化反応させて円形断面形状の高分子光導波路を形成する光導波路の製造方法。

【請求項 2】 低屈折率化分子を、前記高分子光導波路の周辺よりドーピングしてグレーテッド型光導波路を形成してなる請求項 1 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 3】 前記基板がクラッド樹脂層であり、硬化反応して形成した高分子光導波路をコアとして、前記コアの上にさらにクラッド樹脂で埋め込みをしてステップ型プレーナ光導波路を形成してなる請求項 1 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 4】 前記光導波路パターンが、エッチングにより断面が凹形円弧状に形成されてなる請求項 1 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 5】 前記反応性油液状プレポリマーが、ビニル系有機分子、シロキサン骨格ポリマー、および縮重合系有機分子のいずれかより選ばれた 1 つを含む高分子組成物からなり、撥油性表面が、親水性表面またはフッ化有機分子表面よりなる請求項 1 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 6】 前記基板上の撥油性表面が中間被膜により形成され、高分子光導波路形成後に、前記中間被膜が除かれてなる請求項 1 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 7】 前記中間被膜が、水溶性高分子膜よりなる請求項 6 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 8】 前記クラッド樹脂層上に中間被膜が形成され、前記中間被膜が高分子光導波路形成後に前記中間被膜が除かれてなる請求項 1 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 9】 前記反応性油液状プレポリマーの表面張力により、前記高分子光導波路の端面が凸球面をなしてなる請求項 1 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 10】 反応性油液状プレポリマーに対し撥油性領域を有する基板上に、前記反応性油液状プレポリマーに対し親油性領域の光導波路パターンを形成し、反応性油液状プレポリマーを前記基板上に塗布して前記光導波路パターン上に前記反応性油液状プレポリマーを形成し、前記光導波路パターン上の前記反応性油液状プレポリマーを硬化する光導波路の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信、光情報処理などに利用される光導波路の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、光通信、光情報処理などに用いら

れる半導体レーザ、受光素子、または光スイッチなどの光デバイスは、一般に、光の入出力を光ファイバと結合することにより信号光の送受信を行うものであり、光ファイバをモジュール内に組み込んだ光ファイバモジュールなどの種々の光モジュールが作られていた。

【0003】 一方、上記の光ファイバモジュールとは別に、光導波路を含む平面光導波路と半導体レーザ、受光素子等の光機能素子とを同一基板上に集積したプレーナ形光波回路 (PLC; Planer Light-wave Circuit) モジュールが提案されている。この PLC モジュールは、アセンブリの自動化が可能で、光導波路集積回路装置を構成するコンパクトな光モジュールの一つとして期待が大きい。

【0004】 PLC モジュールは、従来、主に光スイッチ、光分岐カプラーとして開発されており、光導波路は石英をベースにした石英系のものと有機高分子材料をベースにした有機系のものとがある。中でも、有機高分子系の光導波路は耐熱性や性能に課題があるものの、容易に透明膜の形成ができるため、コストや製造工程の数等の面から期待が高い。

【0005】 従来の有機高分子系の PLC モジュールを図 6 (a)、(b) に示す。

【0006】 図 6 (a) に示すように、従来の PLC モジュールは、基板 100 上に断面が矩形状の溝を有する下側クラッド層 200 が形成され、その溝に有機高分子材料からなるコア層 300 が埋め込まれ、さらに、コア層 300 を埋め込むように上側クラッド層 400 が形成されたものであった。

【0007】 あるいは、図 6 (b) に示すように、従来の PLC モジュールは、基板 101 上に下側クラッド層 201 が形成され、下側クラッド層 201 上に断面が矩形状の有機高分子材料からなるコア層 301 が形成され、コア層 301 を埋め込むように上側クラッド層 401 が形成されたものであった。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、従来のように光導波路となるコア層 300、301 の断面形状が矩形状の PLC モジュールの場合、光導波路を反射しながら導波する光の光路長が必要以上に長くなる可能性があった。さらには、矩形状の面と面の境目で光の伝送損失や乱れを生じていた。

【0009】 従来の PLC モジュールにおいて、コア層 300、301 の断面形状が矩形状になっているのは、図 6 (a) においては、下側クラッド層 200 の溝をエッチングにより形成するためであり、同様に、図 6

(b) においても、コア層 301 そのものがエッチングによって形成されているためであった。

【0010】 特に、図 6 (a)、(b) における高分子材料よりなる下側クラッド層 200 の溝あるいはコア層 301 は、有機質の酸化劣化エッチング反応によって形



成されるため、きれいで滑らかなコアークラッド界面を形成できなかった。

【0011】一方、基板上に界面活性剤をストライプ状に印刷した部分にのみ、高屈折率透明液状材料を形成し、その高屈折率透明液状材料を硬化することにより、光導波路の断面が円形に近い光導波路を形成する方法が開示されている（特開平3-15805号公報）。

【0012】あるいは、電子線および紫外線でそれぞれ照射した各基板上に、重合性モノマー蒸気を接触させて重合固化させることにより、光導波路の断面が半円形の光導波路を形成する方法が開示されている（特開2000-105319号公報）。

【0013】しかしながら、これらの方法は、光導波路の断面を円形にすることを目的とするものではなく、光導波路の円形による効果は極めて小さいものである。

【0014】本発明は、上記課題を解決するために、きれいで滑らかな円形の断面を有する有機高分子系の光導波路を有する光導波路の製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0015】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光導波路の製造方法は、反応性油液状プレポリマーに対し撥油性領域を有する基板上に、前記反応性油液状プレポリマーに対し親油性領域の光導波路パターンを形成し、反応性油液状プレポリマーを前記基板上に塗布して前記光導波路パターン上に前記反応性油液状プレポリマーを形成し、前記光導波路パターン上の前記反応性油液状プレポリマーを硬化するものである。

【0016】本発明に係る光導波路の製造方法によると、反応性油液状プレポリマーに対し撥油性領域を有する基板上に、親油性領域の光導波路パターンを形成し、反応性油液状プレポリマーを親油性領域である光導波路パターンに塗布することにより、親油性領域にのみ反応性油液状プレポリマーが塗布されて、その反応性油液状プレポリマーは、その表面張力により自己整合的に円形断面となる。次いで、反応性油液状プレポリマーを硬化することにより、きれいな円形断面の高分子光導波路を得ることができる。

【0017】本発明、撥油性と親油性の大きなコントラストの表面特性によるパターンニングを用いたものであるため、光導波路パターンに付着する反応性油液状プレポリマーの付着力が大きく、きれいな円形断面の光導波路が得られる。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の光導波路の製造方法における実施形態について、図面を参照しながら説明する。

【0019】（第1の実施形態）以下、第1の実施形態に係るプレーナー型の光導波路の製造方法について図1を参照しながら説明する。なお、図1は、第1の実施形

態に係る光導波回路の製造方法を示す工程断面図である。

【0020】図1（a）に示すように、アルミナ等の基板1の上に、高フッ素濃度のポリフッ化メチルメタクリレートからなる下側クラッド層2を10 $\mu$ mの膜厚で形成する。そして、下側クラッド層2の上に表面が撥油性（撥油性領域）のポリビニルアルコールからなる中間被膜5を形成する。

【0021】ここで、「撥油性」とは、光、電子線あるいは熱などによって硬化反応する高分子前駆体組成物である反応性油液状プレポリマーに対して撥油性を有する性質をいい、逆に「親油性」とは、その反応性油液状プレポリマーに対して親油性を有する性質をいう。以下、単にこれらを「撥油性」、「親油性」という。

【0022】次に、図1（b）に示すように、下側クラッド層2の上に10 $\mu$ mの幅のストライプ状の開口6を有するホトレジスト7を形成する。

【0023】次に、図1（d）に示すように、ホトレジスト7を通常のエッチング等により除去する。これにより、下側クラッド層2上にストライプ状の親油性表面（親油性領域）の光導波路パターン8と撥油性領域9とを有する中間被膜5を形成することができる。なお、撥油性と親油性の領域を有する面は、中間被膜5を用いなくとも、撥油性領域を有する下側クラッド層の表面に水溶性のイオン性活性剤を添加することにより、親油性領域を容易に形成することもできる。

【0024】ここで、第1の実施形態において、光導波路パターン8の形状はストライプ状としたが、その他の光導波路パターン8の形状の例を図2に示す。図2

（a）は対称2分岐、図2（b）は非対称2分岐、図2（c）は対称3分岐、図2（d）は1 $\times$ 4分岐の光導波路のY分岐形状の光導波路パターンを示す。なお、これら以外にも、上記の光導波路パターンの形成方法によれば、エッチングレスで様々な光分岐形状の光導波路パターンを容易に形成することができる。従って、アレー導波路格子型分波器のような精密な光導波路の形成なども可能である。

【0025】次に、図1（e）に示すように、親油性の領域と撥油性の領域とを有する基板上に反応性油液状プレポリマーとしてポリフッ化メチルメタクリレートプレポリマーを霧状に散布して塗布すると、ポリフッ化メチルメタクリレートプレポリマーは、その性質により光導波路パターン8である親油性領域上にのみ塗布されてプレポリマーパターン10を形成する。このとき、ポリフッ化メチルメタクリレートプレポリマーは、表面張力により円形断面形状を自己整合的に形成するとともに、表面が滑らかなプレポリマーパターン10を形成する。プレポリマーパターン10は、光導波路パターン8の幅に合わせて細い径となるため、表面張力が極めて大きく作用して断面はきれいな円形になる。ここで、円形断面形

状とは、断面が円、楕円、あるいはそれらに近い形状をいう。

【0026】次に、図1(f)に示すように、プレポリマーパターン10を紫外線等により照射して硬化する硬化反応を行うことにより、光導波路となるコア層3を形成する。なお、硬化反応には、ビニル重合に代表される付加重合、ポリイミドやポリエステルに代表される縮重合、過氧化物架橋に代表される熱架橋反応、エポキシに代表される二液混合架橋反応、空気中の湿気との反応で開始するウレタンやシアノアクリレートの湿気硬化反応などがある。

【0027】次に、図1(g)に示すように、中間被膜5をエッチング等により除去する。これにより、下側クラッド層2上に円形断面形状のコア層3を形成する。中間被膜5であるポリビニルアルコールは、水溶性の高分子膜であるので、水により容易に除去できる。

【0028】次に、図1(h)に示すように、コア層3を埋め込むように、高フッ素濃度のポリフッ化メチルメタクリレート形成して紫外線等で硬化することにより、上側クラッド層4を形成する。なお、ステップ型のプレーナー光導波路を構成する場合は、上側クラッド層4あるいは下側クラッド層2の材料として、フッ化炭素構造が屈折率を下げる構造であることからフッ素系ポリマーが適している。

【0029】以上、第1の実施形態のプレーナー光導波路の製造方法を説明したが、光導波路のコア層3を形成する反応性油液状プレポリマーとは、例えば、ポリメチルメタクリレート(PMMA)や脂環基を導入した変性PMMAを基本構造とする紫外線硬化性ビニル系樹脂、各種感光性ポリシロキサン誘導体、変性フッ素化ポリシロキサン、感光性フッ素化ポリイミド、感光性エポキシ樹脂、変性ポリエステル樹脂、変性ポリカーボネート、ユリア樹脂、メラミン樹脂、ウレタン樹脂、変性トリアジン樹脂およびこれらの共重合体などの油液状高分子前駆体(ワニス)、あるいはその溶液をいう。なお、溶液の場合は、塗布乾燥後に硬化反応させる。これらの材料選択により好適に円形断面形状の高分子の光導波路を形成することができる。

【0030】さらに、上記のビニル系有機分子、シロキサン骨格ポリマー、および縮重合系有機分子などの高分子組成物は、透明性の高いことが必要で、次のような具体的な材料で構成される。

【0031】ビニル系有機分子としては、ポリメチルメタクリレート(PMMA)、フッ素化PMMA、重水素化PMMA、架橋PMMA、脂環基導入変性PMMA、ポリエチルメタクリレートなどのほか、他のビニル化合物との共重合体がある。

【0032】シロキサン骨格ポリマーとしては、多くの変性ポリシロキサンがあり、感光性ポリシロキサン誘導体、変性フッ素化ポリシロキサンなどがある。また、シ

ロキサン骨格ポリマーは、エポキシ、ウレタン、アクリル、ポリエステルなどで容易に変性され種々の性質を持たせることができる。

【0033】縮重合系有機分子としては、フッ素化ポリイミド、熱硬化性ポリエステル、ポリカーボネートなどの縮合高分子を骨格として変性した種々の変性ポリマーがあり、感光性フッ素化ポリイミド、エポキシ変性ポリエステル樹脂、アクリル変性ポリカーボネートなどのほか多くの共重合体、誘導体がある。

【0034】また、本発明は、反応性油液状プレポリマーで円形断面形状のプレポリマーパターンを形成し、それを硬化させて固体化するものであるから、反応性油液状プレポリマーは、硬化反応工程によって反応性油液状プレポリマーの円形断面形状が大きく変化せずに固体化するものが好ましい。この点から、反応性油液状プレポリマーは、一般溶剤(非反応性溶剤)を含むよりも、モノマー、ダイマー、オリゴマーなどの反応性溶剤を含む液体であるほうが好ましい。

【0035】また、第1の実施形態において、「撥油性」や「親油性」の表面とは、上記のようにワニスや上記溶液中の反応性油液状プレポリマー自身の薄膜表面特性を利用する場合が多いが、その液中に界面活性剤、カップラー、透明性調整剤などを混入して成膜し、表面に析出した前記添加剤の表面特性を利用する場合もある。添加剤により薄膜表面特性をコントロールする手法は、例えば水や酸素や四フッ化炭素などの反応性ガスプラズマによって表面処理してOH基やフッ素を導入して表面改質する方法など多くの方法が知られている。

【0036】原理的には、「撥油性」の表面は、反応性油液状プレポリマーに非相溶の分子サイト(官能基)が析出した表面によって形成され、「親油性」の表面は、反応性油液状プレポリマーに相溶性の良い分子サイトが析出した表面によって形成される。それら各表面を形成する表面析出基間の溶解度パラメーターが大きく異なる場合は特にこの効果が高い。

【0037】また、周囲が撥油性で親油性の光導波路パターンを有する基板上に、反応性油液状プレポリマーを展開して反応性油液状プレポリマーの光導波路パターンを形成する方法として、第1の実施形態では反応性油液状プレポリマーを霧状に塗布したが、その他には、

(1) キャスティングして親油性部分に付着させる方法、(2) 反応性油液状プレポリマーの液面展開膜を形成した液中に基板を浸漬して親油性領域の光導波路パターン部分に吸着させる方法、(3) ラングミュアブロッジェット法による付着法、(4) 反応性油液状プレポリマーの気化ガスまたは噴霧粒子(ミスト)を気相から吸着させる方法、などの各種の方法を利用できる。

【0038】また、光導波路の円形断面形状の径は、数 $\mu\text{m}$ ~500 $\mu\text{m}$ の広い範囲で作る場合が多く、グレーテッド型の場合は、比較的太い径を用いる場合が多い



が、ステップ型の場合は、その径は一般に  $60\mu\text{m}$  以下と極めて細いものである。光導波路の径が小さい方が、表面張力は大きく作用し、断面はより円形に近づくので、本発明は、ステップ型の光導波路のように、特に細い径の光導波路を形成する方法に用いるのが好ましい。

【0039】（第1の実施形態の変形例）また、第1の実施形態の変形例として、プレポリマーパターン10を硬化反応させて形成したコア層3を有する基板1を、低屈折率化分子であるフッ素濃度の高いトリフッ化メチルメタクリレート2量体の溶液中に浸漬し、コア層3にトリフッ化メチルメタクリレート2量体を一定時間ドーピングして、コア層3の円形断面の外側ほど高濃度になるようにトリフッ化メチルメタクリレート2量体を偏在分布させる。

【0040】これにより、グレーテッド型の光導波路を得ることができる。さらには、低屈折率化分子をドーピングしたコア層3を紫外線架橋することにより、経時変化の小さい高性能のグレーテッド型の光導波路を得ることができる。

【0041】なお、ドーピングする低屈折率化分子としては、コア層3を形成した高分子材料と同系の低分子をフッ素化または3フッ化メチル基で置換したような分子構造の有機分子が適している。一般に光学樹脂は、分子凝集構造を無定形にして透明性を高め複屈折のない構造にしているため、ドーパントの吸収速度が速く、容易にドーピングできるので、ドーピングの方法として、上記のようにドーパント溶液中に浸漬する方法を用いた。

【0042】あるいは、低屈折率化分子として、可塑化効果を有するアルキル基、アルコキシ基、エステル基、またはカーボネート基などを有する分子を選択すれば、ドーピングされた低屈折率化分子が可塑剤のようにも働き、円形断面形状の高分子光導波路の脆性（クラック発生）を改良して、より透明性、成膜性、均質性に優れた光導波路が形成できるというメリットがある。

【0043】上記の可塑化効果を有する低屈折率化分子が化学結合で固定化される挙動は、外部可塑化された高分子組成物が固定化反応により「内部可塑化」されることを意味しており、高分子層中のソフトセグメントとなって好適な機械特性と光学特性を与える働きをする。

【0044】次に、第1の実施形態における製造方法によって形成された光導波路の端部について図3を用いて説明する。なお、図3(a)は光導波路の平面図、図3(b)は、図3(a)のA-A線に沿った断面図である。

【0045】本発明の光導波路となるコア層3は、反応性油液状プレポリマーの表面張力を利用して形成するため、図3に示すように、その端面は凸球面である凸球面状端面3aが自己整合的に形成する。

【0046】これにより、コア層3を導波してきた光は、凸球面状端面3aから外部に放出するとき、その光

は集光することとなる。

【0047】従って、図3に示すように、凸球面状端面3aにより光は集光されるので、2つのプレーナー光導波路同士を近接して配置することにより、一方のプレーナー光導波路から他方のプレーナー光導波路に入射する場合に光損失の少ない接続が可能となる。また、半導体レーザや光ファイバーと接続する場合にも、凸球面状端面3aにより光が広がらないため、接続ロスが少ないというメリットがある。

10 【0048】また、第1の実施形態により製造されたプレーナー光導波路と受光素子を結合した様子を図4に示す。

【0049】図4に示すように、コア層3の端部に凸レンズ状の凸球面状端面3aを有しているプレーナー光導波路と受光素子11とを、コア層3の材料より屈折率の低い屈折率を有する光硬化の光学接着剤12により結合して受光モジュールを構成した。

20 【0050】これにより、コア層3を導波してきた光が凸球面状端面3aから受光素子11に受光する際に、その光は拡散せず集光されて受光素子11に受光される。従って、光損失の少ない受光モジュールを実現できる。

【0051】（第2の実施形態）以下、第2の実施形態に係るプレーナー型の光導波路の製造方法について図5を参照しながら説明する。なお、図5は、第2の実施形態に係る光導波路の製造方法を示す工程断面図である。

30 【0052】図5(a)に示すように、アルミナ等の基板1上に、高フッ素濃度のポリフッ化メチルメタクリレートからなる下側クラッド層2を  $10\mu\text{m}$  の膜厚で形成し、下側クラッド層2の上に表面が撥油性のポリビニルアルコールからなる中間被膜5を形成する。

【0053】次に、図5(b)に示すように、電子線を照射して中間被膜5とともに下側クラッド層2を掘りながら架橋反応させて、断面の開口が  $10\mu\text{m}$  の凹形円弧状の光導波路パターン13を形成する。このとき、光導波路パターン13の凹状の表面は親油性となる。

【0054】次に、図5(c)に示すように、その親油性表面（親油性領域）と撥油性表面（撥油性領域）とを有する基板1上に反応性油液状プレポリマーとしてポリフッ化メチルメタクリレートプレポリマーを霧状に散布して塗布すると、ポリフッ化メチルメタクリレートプレポリマーは、その性質により親油性の領域である光導波路パターン13上にのみ塗布されてプレポリマーパターン14を形成する。

【0055】次に、図5(d)に示すように、プレポリマーパターン14を紫外線等により照射して硬化する硬化反応をすることにより、光導波路となるコア層3を形成する。なお、硬化反応には、ビニル重合に代表される付加重合、ポリイミドやポリエステルに代表される縮重合、過酸化物架橋に代表される熱架橋反応、エポキシに代表される二液混合架橋反応、空気中の湿気との反応で



開始するウレタンやシアノアクリレートの湿気硬化反応などがある。

【0056】次に、中間被膜5をエッチングにより除去する。これにより、下側クラッド層2の上に円形断面形状のコア層3を形成する。中間被膜5のポリビニルアルコールは、水溶性の高分子膜であるので、水により容易に除去できる。

【0057】次に、図5(e)に示すように、コア層3を埋め込むように、高フッ素濃度のポリフッ化メチルメタクリレート形成して紫外線等で硬化することにより、上側クラッド層4を形成する。

【0058】第2の実施形態においては、親油性の光導波路パターンを凹形円弧状に形成することにより、さらに、光導波路の断面が真円の一部分に近いものとなる。しかも、光導波路の直径は、円形円弧状の大きさによって左右されるため、容易に所望の直径の光導波路を形成することができる。

【0059】なお、円形円弧状の光導波路パターン13は、第2の実施形態のように電子線描画による直接法他に、ホトリソグラフィ法やインクジェット法などにより形成することもできる。また、円形円弧状のサイズが大きい場合は、エンボス（押圧）によっても形成することができる。このとき、表面を親油性にするには、表面に親油性分子を付与するか表面分子を親油基に変換すれば容易に得られる。例えば、水、酸素あるいは四フッ化炭素などの反応性ガスプラズマによって表面処理してOH基やフッ素を導入して表面改質する方法がある。

【0060】また、ホトリソグラフィ法のようにホトレジストを塗布する場合は、下側クラッド層2の表面の性質を考慮して、下側クラッド層2の表面に親和性を持った塗布しやすいホトレジスト溶液を用いる必要がある。このホトレジスト溶液の表面特性は、界面活性剤で容易に制御できる。

【0061】

【発明の効果】本発明は、基板上に反応性油液状プレポリマーに対して撥油性領域と親油性領域を形成し、親油性領域に反応性油液状プレポリマーに塗布されることにより、その反応性油液状プレポリマーの表面張力により自己整合的に円形断面形状の光導波路を形成するものである。これにより、きれいで滑らかな円形断面の光導波

路を得ることができる。従って、光導波路の断面が円形であるため、従来における断面が矩形状の光導波路に比べて、光の伝送損失や乱れを限りなく小さくすることができる。

【0062】また、撥油性領域には、全く反応性油液状プレポリマーが付着しないので、汚れのないSN比の高いパターンニングが可能となる。この優れた付着特性は、本発明に用いるフッ素系材料、シリコン樹脂材料、一般有機系材料、親油性材料間の溶解度パラメーターの極めて大きな表面活性における差を利用していることによる。

【0063】また、本発明によれば、エッチングやホトリソグラフィを何度も繰り返さずに簡単なプロセスで高性能の光導波路が得られるという有利な効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光導波路の製造方法の工程断面図

【図2】光導波路の光導波路パターン形状を示す図

【図3】本発明における光導波路の製造方法によって形成された光導波路の端部を示す図

【図4】本発明における光導波路の製造方法によって形成された光導波路と受光素子とを結合した図

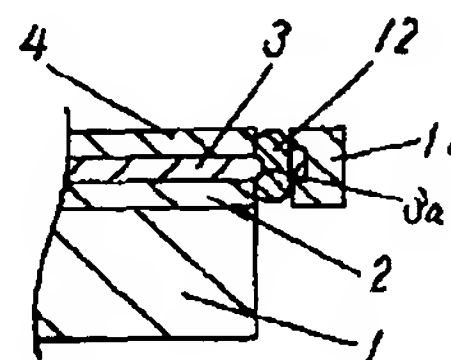
【図5】本発明の第2の実施形態に係る光導波路の製造方法の工程断面図

【図6】従来の光導波路の断面図

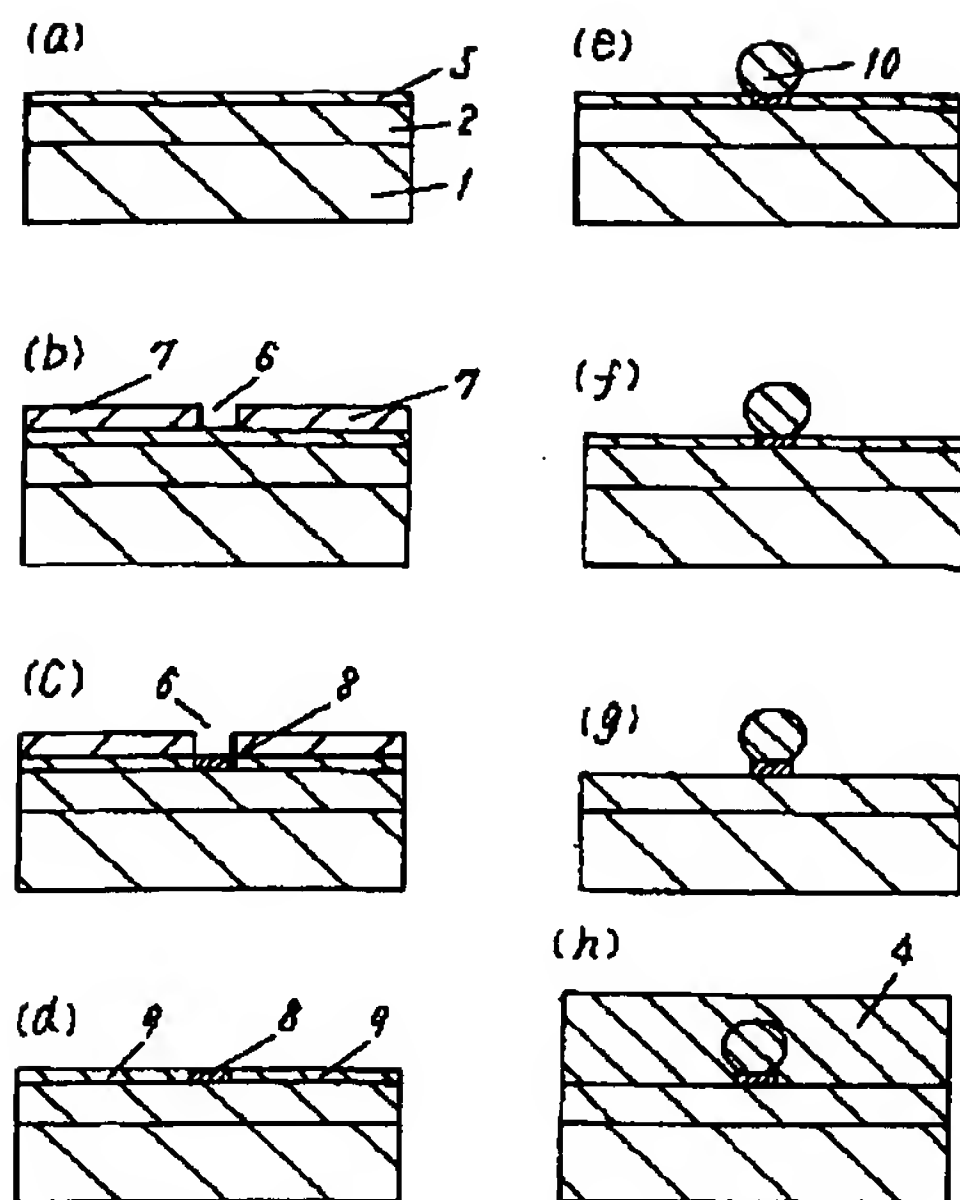
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 下側クラッド層
- 3 コア層
- 3 a 凸球面状端面
- 4 上側クラッド層
- 5 中間被膜
- 6 開口
- 7 ホトレジスト
- 8、13 光導波路パターン
- 9 撥油性領域
- 10、14 プレポリマーパターン
- 11 受光素子
- 12 光学接着剤

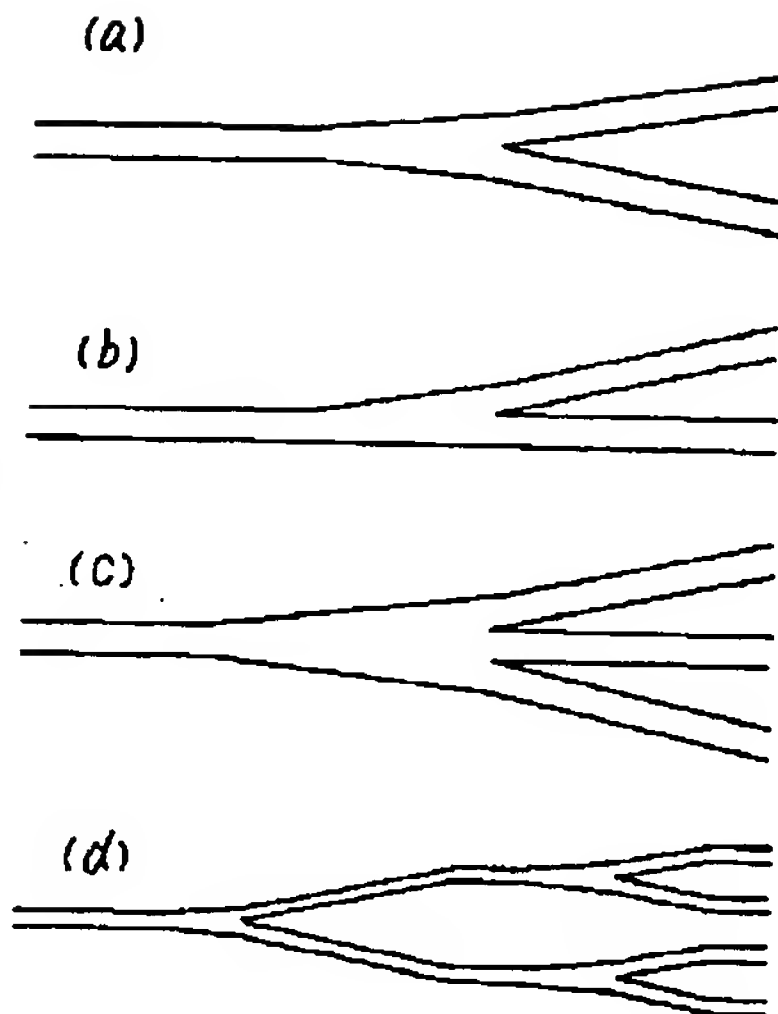
【図4】



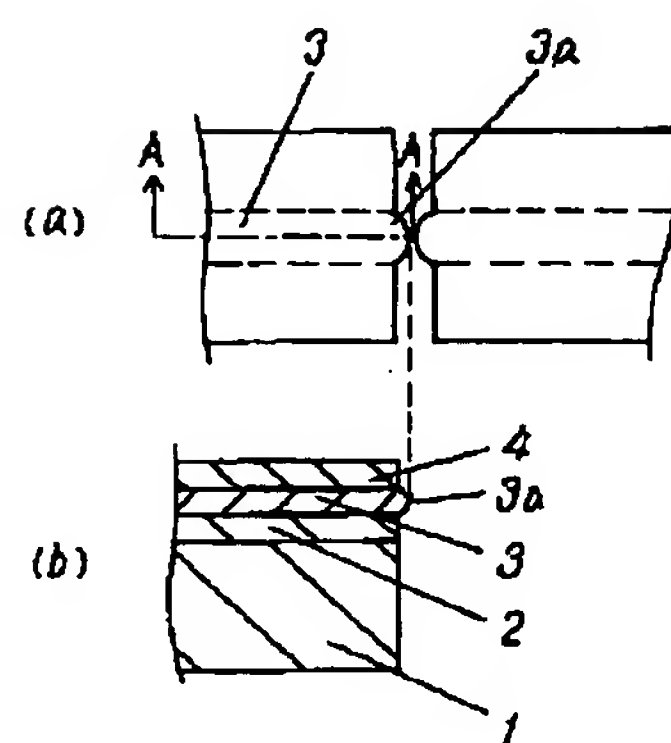
【図 1】



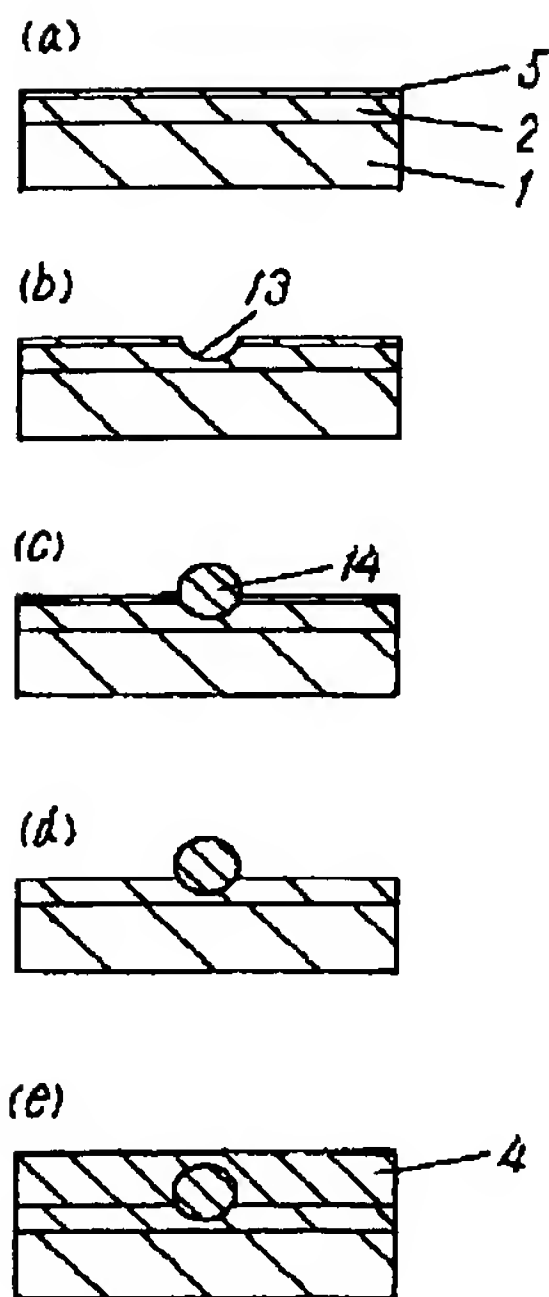
【図 2】



【図 3】



【図 5】



【図 6】

